



# 胃镜活检钳的激光焊接工艺研究

吴晓红

(武汉职业技术学院 电子信息工程学院,湖北 武汉 430074)

**摘要:**采用波长为  $1.06\mu\text{m}$  的 Nd:YAG 激光器对胃镜活检钳进行焊接,通过调节激光的电流、脉冲宽度、离焦量等工艺参数对其进行精密焊接试验。研究表明,影响焊接效果的因素中,脉冲宽度决定了焊缝的凸起程度。通过采用较小激光能量条件下重复焊接两次或者三次这一独特工艺方法来克服激光能量稳定性、工件公差等缺陷,达到很好的焊接效果。

**关键词:**激光焊接;胃镜活检钳;不锈钢;工艺参数

中图分类号: TG456.7

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2014) 03-0082-03

## 引言

医疗器械由于其特殊的使用范围和作用,产品质量要求相对非常高。医疗用的胃镜活检钳需要深入人的身体内部,产品的质量要求更加苛刻,胃镜活检钳的每个部件需要保证一定的抗拉强度,以及良好的外观,表面不允许有毛刺等<sup>[1]</sup>。在生产加工过程中,胃镜活检钳前端的钳子部分的结合常使用铆接、电阻焊接等方式。铆接会在穿刺枪的表面留下毛刺等缺陷,电阻焊接会对部件产生很大的形变,影响穿刺枪的实际应用<sup>[2]</sup>。

激光由于功率密度高,与材料交互作用时快速加热和快速冷却,对焊接部件几乎无变形影响。而且激光加工具有非接触加工、热影响范围窄、效率高、加工精度高等特点<sup>[3]</sup>,非常符合医疗领域器械无瑕疵、无凹槽、无折痕、无毛刺以及无裂纹的焊接要求,因此越来越受到重视。如对镍基合金牙齿的精密切割、实现医疗器械上永久性的高质量打标、内窥镜管接缝激光焊接、医疗器械用的塑料激光焊接技术等<sup>[4]</sup>。但是胃镜活检钳的激光焊接还没有报道过。本文

设计研究了在不需要添加任何的焊丝或者焊料的情况下,采用激光焊接机将胃镜活检钳前端零部件的不锈钢材料穿透焊接在一起,通过调节焊接工艺参数等方式达到了很好的焊接效果。

## 一、实验仪器、材料方法

### (一)实验设备

本实验中采用武汉华工激光有限公司生产的 LWY-300 型激光焊接机对胃镜活检钳前端零部件的不锈钢材料穿透焊接实验。实验所用焊接设备为 Nd:YAG 脉冲激光器,波长  $1064\text{nm}$ ,功率  $0\sim 300\text{W}$  连续可调。运动系统为 X、Y 伺服电机及驱动器,定位精度  $<0.03\text{mm}$ ,重复定位精度  $0.003\text{mm}$ 。

### (二)实验材料

内镜检查获取病理标本常采用胃镜活检钳,如图 1 所示,直接插入人体内部来获取标本。胃镜活检钳的前端为可以活动的钳子,如图 1 中放大部分所示,为不锈钢(sus304)材料。

### (三)实验方法

用自制夹具将胃镜活检钳的前端固定住,在辅

收稿日期:2014-04-04

基金项目:湖北省教育厅科学技术研究项目(项目编号:B2014222)。

作者简介:吴晓红(1967-),女,湖北松滋人,武汉职业技术学院电子信息工程学院副教授,研究方向:激光应用技术研究。

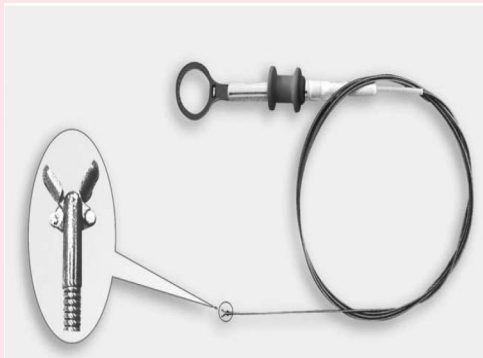


图1 胃镜活检钳实物图

助气体氮气的保护下(气流量为 5L/min)进行激光焊接,辅助气体的作用是在防止不锈钢在焊接过程中氧化、发黑,从而影响穿刺枪的外观。

二、实验结果及分析

(一)正交实验

焊接实验过程中首先选用三个重要的工艺参数(电流、脉冲宽度、离焦量)进行正交实验分析,所取因素水平见表1所示,根据三因素三水平正交试验的设计原理,对表1的工艺参数进行搭配,共有九种组合方式。因此在平板上进行九组激光焊接试验,试

表1 因素水平表

水平	因素	因素	因素
	A 焊接电流 /A	B 脉冲频率 /Hz	C 离焦量 /mm
1	160	5	2
2	180	10	5
3	200	15	8

表2 正交试验结果及分析

编号	A 焊接电流 /A	B 脉冲频率 /Hz	C 离焦量 /mm
1	160	5	2
2	160	5	5
3	160	5	8
4	180	10	5
5	180	10	2
6	180	10	8
7	200	15	8
8	200	15	5
9	200	15	2

表3 工艺参量及结果

实验编号	脉冲宽度(ms)	焊缝结果	实验编号	脉冲宽度(ms)	焊缝结果
1	6	凸起	4	12	平滑、无发黄
2	8	凸起	5	14	发黄
3	10	平滑、无发黄	6	15	发黄

验编号在表2中列出。通过正交工艺实验可以得到无飞溅、无气孔的焊接效果,此时的最佳工艺参数为电流 180A,脉冲宽度 10ms,离焦量 5mm(激光焦点在工件表面上方 5mm)。

但是由于胃镜活检钳是医疗用器件,对焊接的外观要求更高,具体的需求是焊缝无明显凸起,焊缝周围无发黑、发黄的现象。因此需要对上述正交试验结果的基础上进一步优化工艺参数。

(二)优化脉宽参数

针对胃镜活检钳焊接的要求,并且结合正交实验的结果分析,对焊接外观影响最大的工艺因素即脉冲宽度进行单因素法研究,具体方式为保持电流 180A,离焦量 5mm 不变,对脉冲宽度进行调节,具体工艺参量及结果如表3所示。

图2为在不同脉宽情况下,焊缝的凸起情况照片。实验编号1、2对应的焊缝外观为图2(a),焊缝有明显的凸起,不能满足要求,这是因为脉冲宽度较窄,激光作用在材料上的时间较短,金属保持液态的时间短,金属在焊缝边缘凝固后,中心区的液态金属由于受到表面张力的影响,不会流到焊缝边缘,而是停留在焊缝中心位置从而引起焊缝凸起<sup>[5]</sup>。实验编号3、4对应的焊缝外观如图2(b),焊缝比较平整,无凸起现象产生,焊缝周围也无发黑、发黄现象。实验编号5、6对应的焊缝外观如图2(c),焊缝比较平整,但是焊缝边缘有发黄现象产生,这可能是因为脉冲宽度太大(14、15ms),单脉冲作用时间太长,导致工件过热而发黄。

(三)优化设计焊接次数

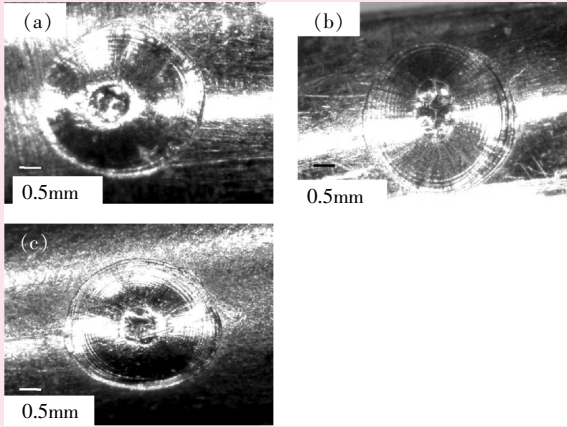


图2 焊缝外观

表 4 焊接重复次数及对应的电流

样品编号	焊接次数	焊接电流(A)
1	2	180
2	2	160
3	2	140
4	3	160
5	3	140
6	3	120

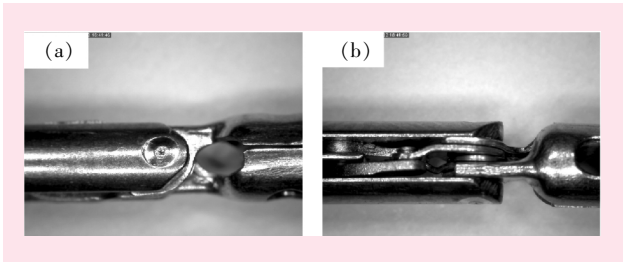


图 3 焊接效果图

由于材料比较薄(厚度为 0.2mm),焊接质量要求高,外界因素对焊接质量的影响较大,本文设计研究了较小能量多次焊接的方式,很好的避免了激光能量稳定性、材料杂质、焊接位置精度等外界因素对焊接效果的影响。在前面所述焊接工艺参数的参照下,优化设计单次焊接电流、焊接次数等工艺参数,如表 4 所示。

重复焊接 2 次,电流为 180A 时,后一次焊接时容易产生飞溅;电流为 160A 为最佳;电流为 140A 时,焊缝凸起较严重。重复焊接 3 次,电流为 160A 时,最后一次焊接容易产生飞溅;当电流为 140A、120A 时,最后一次焊接对焊缝没有太大作用。

综合考虑焊接效果及实际生产效率,最佳的焊

接方式为:焊接两次,焊接电流为 160A。最终的焊接效果如图 3 所示,图 3(a)为焊缝正面图,从图中可以看出焊缝及焊缝周围无发黄区域,图 3(b)焊缝侧面图,可以看出焊缝与周围材料保持平整状态,无明显凸起现象,可以满足要求。

三、结论

1.对电流、脉冲宽度、离焦量三因素进行正交实验,初步确定焊接参数范围,即电流 180A,脉冲宽度 10ms,离焦量 5mm。

2.通过对焊接效果影响最大的因素:脉冲宽度进行详细实验分析,确定脉冲宽度为 12ms。

3.进一步优化设计焊接次数及焊接电流,最终确定最佳焊接工艺参数:电流 120A,脉冲宽度 12ms,离焦量 5mm,焊接次数 2 次。此工艺参数弥补了单次激光能量的差异性,工件的一致性,且焊接效率较高,适合工业批量生产。

参考文献:

[1] 王艳斌,徐红,等.慢性萎缩性胃炎胃镜活检时两种活检钳取材深度的对比分析[J].吉林医学,2009,30(5):401-405.  
[2] 陈玉华,柯黎明,徐世龙,等.超薄不锈钢片微激光焊接的焊缝成形[J].金属热处理,2008,33(10):95-98.  
[3] 闫青亮,韩国明,李建强,等.不锈钢激光焊接工艺参数的优化[J].兵器材料科学与工程,2006,29(4):68-71.  
[4] 张胜玉.塑料激光焊接技术[J].包装与食品机械,2007,25(1):32-39.  
[5] 王少华,郭亮,庞振华,等.不锈钢薄板光纤激光焊接的组织与性能[J].机电工程技术,2011,40(1):52-53.

[责任编辑:张 磊]

Laser Welding Process Research on Gastroscope Biopsy Forceps

WU Xiao-hong

(School of Electronic Information Engineering, Wuhan Polytechnic, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** Nd: YAG laser (1.06μm wavelength) was used to weld gastroscope biopsy forceps. By adjusting the process parameters, such as laser's current, pulse width and defocusing amount to make precise test. The research focuses on pulse width' influence on welding effect. The result shows that pulse width decides the convexity degree of the weld. And by using the special process way that repeats two times or three times of welding on laser energy condition to overcome laser's defects, such as bad energy stability and workpiece, then a good weld will be got.

**Key words:** laser welding; gastroscope biopsy forceps; stainless steel; process parameters